

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ОПОРНОЙ ЧАСТИ ПЛАСТИНЫ

Д. А. Огорелков,

аспирант

М. С. Соколов,

ст. преподаватель

В. В. Макарова,

аспирант

К. А. Шалаев,

студент

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

Аннотация. Рассматривается задача определения оптимальной длины сварного шва. С помощью вычислительного пакета SolidWorks показано изменение распределения напряжений в тавровом сварном шве. Результаты работы показали, что необходима численная проверка напряжений в элементе конструкции, так как ввиду геометрии пластины возможно неравномерное распределение напряжений в основании пластины, и поэтому слепое увеличение длины сварного шва может не удовлетворять требованиям по его прочности. Область исследования актуальна для расчета сварных швов элементов подъемно-транспортных машин.

Ключевые слова: сварной шов, тавровый шов, расчет сварных швов, напряжения, прочность.

ASSESSMENT OF STRESS DISTRIBUTION IN THE SUPPORT PART OF THE PLATE

Abstract. The problem of determining the optimal length of the weld is considered. Using the SolidWorks computational package, the change in stress distribution in a tee weld is shown. The results of the work showed that it is necessary to numerically verify the stresses in the structural element, since most of the stresses can be in the central part of the plate, and therefore a blind increase in the length of the weld may not meet the requirements for its strength. The area of research is relevant for the calculation of welded seams of elements of lifting and transporting machines.

Keywords: welded seam, tee seam, calculation of welded seams, stress, strength.

Большинство разрушений, которые носят усталостный характер, как правило, происходят в сварных швах. Работы, нацеленные на исследование усталостных процессов, несут большей частью фундаментальный характер. Согласно отраслевым и государственным стандартам существует ряд рекомендаций по конструированию и расчету сварных швов [1–5]. Однако в данных работах в недостаточно полной степени отображаются рекомендации по расчету тавровых сварных швов, когда на привариваемый элемент действует осевая нагрузка (рис. 1). Данные элементы конструкций широко распространены как проушины грузоподъемных траверс для обеспечения взаимодействия с грузозахватным устройством, крепления ног пролетных строений козловых кранов и т. д. и требуют не менее ответственного расчета, чем несущие элементы конструкции.

В случае, когда расчетные напряжения σ в сварном шве больше допустимых $[\sigma]$, необходимо предпринимать одно из нескольких действий

или их комбинацию: увеличение длины сварного шва или изменение конструкции. Изменение конструкции есть творческий процесс, который не поддается формализации. Увеличение длины сварного шва, согласно формулам расчета напряжений в сварных швах, должно привести к уменьшению расчетных напряжений σ , чтобы они были меньше предельных $[\sigma]$, но вопрос распределения

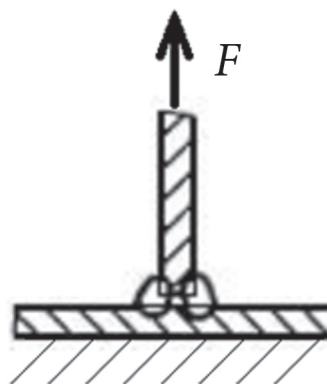


Рис. 1. Расчетная схема воздействия осевой нагрузки на тавровый шов

усилий в опорной части пластины остается открытым и непроверенным.

Целью данной работы является поиск необходимых рекомендаций по определению длины сварного шва, чтобы предотвратить концентрацию напряжений в одном месте сварного соединения и получить равномерное распределение напряжений по всей длине сварного шва.

Объект исследования

В качестве объекта исследования взята плоская пластина с отверстием, к которому прикладывается технологическое усилие F . В качестве условий решения задачи необходимо подобрать геометрические размеры пластины и длину l сварного шва.

В качестве инструмента исследования воспользуемся вычислительным пакетом SolidWorks Simulation, позволяющим проводить статический анализ и извлекать распределение напряжений из интересующего нас элемента конструкции (в данном случае нижняя грань пластины). Технологическое усилие F примем 470 кН, толщина

пластины s — 50 мм, диаметр отверстия — 100 мм, высота h центра отверстия от нижней грани пластины — 200 мм.

Исследовательская (вычислительная) часть

Ввиду того, что уравнения теории упругости — это сложный математический аппарат с множеством неизвестных, который решается аналитическим методом для частных случаев или численно для более сложной геометрии, в качестве первого приближения будут рассмотрены напряжения по Мизесу в вычислительном пакете SolidWorks (рис. 2).

Как показал численный эксперимент, слепое увеличение ширины при геометрии пластины не дает значительного эффекта, так как большая часть напряжений находится в центральной части пластины, ближе всего расположенной к месту прикладывания нагрузки.

Принцип Сен-Венана гласит, что при удалении концентратора напряжений происходит равномерное распределение напряжений в сечении [6].

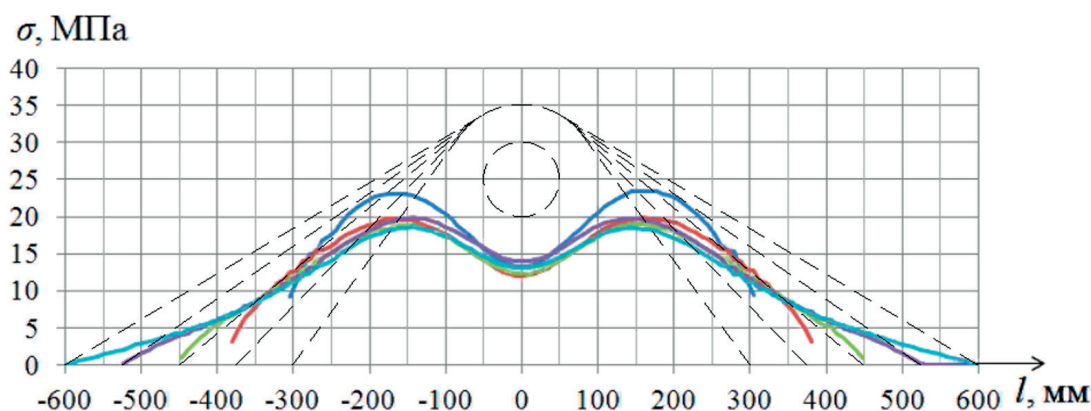


Рис. 2. Распределение напряжений по Мизесу в нижней грани пластины в зависимости от ее ширины $l \in [600; 1200]$ мм

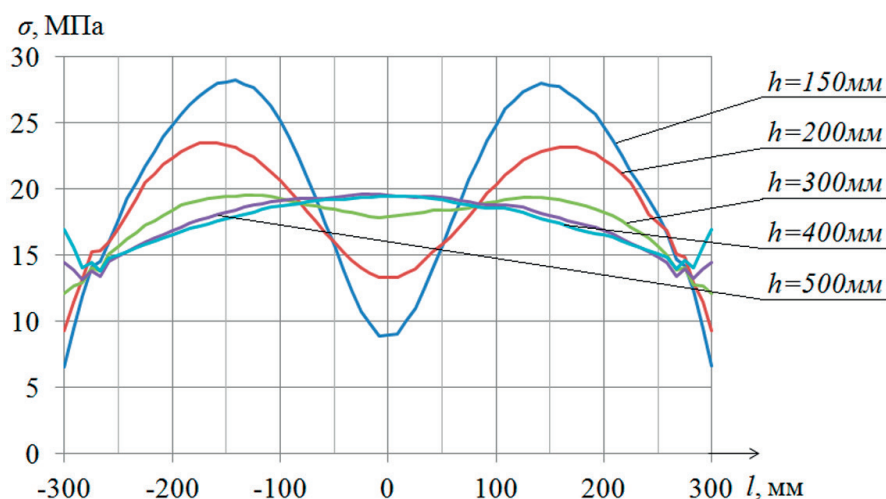


Рис. 3. Распределение напряжений по Мизесу в нижней грани пластины в зависимости от высоты h при постоянной ширине l

Выполним проверку влияния отдаления места прикладывания нагрузки на распределение напряжений в основании пластины (рис. 3).

Увеличение высоты h центра отверстия от нижней кромки пластины показывает, что при ее увеличении происходит равномерное распределение напряжений. Однако задача остается все еще нерешенной, так как на основании проделанных численных экспериментов нет возможности выявить геометрической зависимости оптимальной ширины пластины и ее высоты h от центра отверстия до нижнего края.

Список литературы

1. Соколов С. А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин : учебное пособие. СПб. : Политехника, 2005. 423 с.
2. Соколов С. А. Строительная механика и металлические конструкции машин : учебник. СПб. : Политехника, 2011. 450 с.
3. ГОСТ 33169–2014. Краны грузоподъемные. Металлические конструкции. Подтверждение несущей способности. Введ. 2015–06–24. М. : Стандартинформ, 2015. 55 с.
4. СТО 24.09–5821–01–93 Краны грузоподъемные промышленного назначения. Нормы и методы расчета элементов стальных конструкций. Введ. 1993–06–25. 136 с.
5. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23–81*» (с Поправкой, с Изменениями № 1, 2). Введ. 2017–02–27. М. : Стандартинформ, 2017. 140 с.
6. Тимошенко С. П., Гудьер Дж. Теория упругости. М. : Наука, 1975. 576 с.

Выводы

Слепое увеличение ширины пластины может не обеспечивать прочностные свойства сварного шва, так как большая часть напряжений может находиться в центральной части пластины, поэтому необходима численная проверка напряжений в элементе конструкции. Полученные результаты дают основание для продолжения исследований по определению геометрической взаимосвязи оптимальной ширины пластины и ее высоты центра отверстия от нижней кромки.